

**SNI**

Standar Nasional Indonesia

---

<sup>05</sup>  
SNI 19-6678-2002

**Konversi energi listrik  
dalam uji alir fluida sumur panas bumi**

ICS

Badan Standardisasi Nasional

**BSN**



# Konversi energi listrik dalam uji alir fluida sumur panas bumi

## 1 Ruang lingkup

Ruang lingkup pembahasan dalam standarisasi ini adalah parameter yang mempengaruhi konversi energi termal fluida sumur panas bumi menjadi energi listrik.

## 2 Acuan

SNI 03-5012-1999, *Klasifikasi potensi energi panas bumi di Indonesia*.

## 3 Istilah dan definisi

### 3.1

#### **konversi energi**

proses untuk mengubah satu bentuk energi ke bentuk energi yang lain

### 3.2

#### **faktor konversi listrik**

nilai yang dipakai untuk mengubah besaran energi panas menjadi energi listrik

### 3.3

#### **tekanan *inlet* turbin**

tekanan fluida saat memasuki turbin

### 3.4

#### **tekanan *outlet* turbin**

tekanan fluida saat keluar dari turbin atau memasuki sistem pendingin

### 3.5

#### **kondensor**

perangkat yang berfungsi untuk mengkondensasikan uap dalam suatu pembangkit listrik



### 3.6

#### **derajat kekeringan**

perbandingan massa uap terhadap massa fluida total

### 3.7

#### **entropi**

fungsi dari kondisi suatu sistem yang ditentukan sebagai  $S_2 - S_1 = dQ/T$  atau energi panas terukur yang diperbandingkan dengan air pada suhu  $0^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 Atm yang terdapat dalam suatu sistem

### 3.8

#### **isentropik**

suatu proses yang menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan dalam entropi

### 3.9

#### **isentalpik**

suatu proses yang menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan dalam entalpi

### 3.10

#### **siklus**

rangkaian proses kejadian yang berulang-ulang secara tetap dan teratur dalam mengubah energi panas menjadi energi listrik

### 3.11

#### ***parasitic load***

jumlah uap yang digunakan bukan untuk menghasilkan listrik, tetapi antara lain untuk pembuangan gas di ejektor.

## **4 Konversi energi**

### **4.1 Konversi laju alir fluida menjadi energi listrik**

Berdasarkan standar nasional uji alir fluida panas bumi, maka besar *output* massa sumur dapat diukur dengan metode tekanan kritis dan metode lempeng orifis, sedangkan entalpi dapat diukur



antara lain dengan metode kalorimeter. Untuk mendapatkan besarnya *output* panas dapat digunakan persamaan matematis sebagai berikut.

$$H_{th} = M \times h \times 10^{-3}$$

$H_{th}$  *output* panas sumur panas bumi dalam Mega Watt termal;

$M$  laju alir massa fluida dalam kg/detik;

$h$  entalpi alir fluida dalam kJ/kg.

Untuk mendapatkan *output* besarnya energi listrik dapat digunakan persamaan sebagai berikut.

$$H_e = H_{th} \times FK$$

$H_e$  besaran output listrik sumur dalam Mega Watt Elektrik;

$FK$  faktor konversi energi panas menjadi energi listrik.

Berdasarkan uji empiris, perhitungan energi yang digunakan berdasarkan faktor konversi berkisar antara 8 – 15%. Untuk keseragamannya, standar ini mengacu pada konsensus nasional standarisasi *Angka Parameter Dalam Estimasi Energi Panas Bumi*. Faktor konversi yang digunakan dalam uji alir fluida sumur panas bumi adalah sebesar 10%.

#### 4.2 Konversi laju alir uap menjadi energi listrik

$$H_e = \eta_t \times \eta_g \times M \times \delta h \times 10^{-3} \quad (1)$$

Tahapan perhitungan

1. menentukan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ),
2. menentukan efisiensi generator ( $\eta_g$ ),
3. menentukan laju alir massa uap ( $M$ ) terukur atau dihitung berdasarkan proses isentalpik,
4. mendapatkan harga  $h_g$  dan  $s_g$  dari tabel uap pada tekanan absolut *inlet* turbin,
5. mendapatkan harga  $h_f, h_{fg}, s_f$  dan  $s_{fg}$  dari tabel uap pada tekanan absolut *outlet* turbin,
6. menghitung fraksi uap ( $X$ ) pada *outlet* turbin dengan persamaan :

$$X = (s_g - s_f) / s_{fg} \quad (2)$$

7. menghitung entalpi ( $h$ ) uap pada *outlet* turbin dengan persamaan :

$$h = h_f + (X \times h_{fg}) \quad (3)$$

8. menghitung perbedaan entalpi uap ( $\delta h$ ) antara *inlet* dan *outlet* turbin :

$$\delta h = h_g - h \quad (4)$$

9. menghitung energi listrik ( $H_e$ ) dengan persamaan (1).

CATATAN Bila spesifikasi utilitas belum diketahui, seharusnya ditentukan :



1. Efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) : 90%
2. Efisiensi generator ( $\eta_g$ ) : 100%
3. Tekanan *outlet* turbin : 0,1-0,5 bar<sub>abs</sub>

Asumsi-asumsi perhitungan konversi energi listrik dari laju alir uap adalah :

1. entalpi uap yang masuk turbin adalah entalpi pada kondisi tekanan dan temperatur saturasi (*dryness* > 98 % ),
2. *parasitic load* diabaikan,
3. efisiensi isentropik sama dengan 100% atau kondisi ideal,
4. tidak terjadi kehilangan massa, tekanan maupun entalpi selama fluida mengalir dari kepala sumur sampai *inlet* turbin, dan
5. efisiensi generator sama dengan 100%.

#### Keterangan

- $H_e$  Energi listrik yang dihasilkan dari laju alir uap,
- $\eta_t$  Efisiensi turbin (%),
- $\eta_g$  Efisiensi generator (%),
- $m$  Laju alir uap (kg/detik),
- $\delta h$  Perbedaan entalpi uap antara inlet dan *outlet* turbin (kJ/kg),
- $h_g$  Entalpi uap pada *inlet* turbin didapat dari tabel uap pada tekanan absolut *inlet* turbin (kJ/kg),
- $h$  Entalpi uap (ideal) pada *outlet* turbin (kJ/kg),
- $h_f$  Entalpi air pada *outlet* turbin didapat dari tabel uap pada tekanan absolut *outlet* turbin (kJ/kg),
- $h_{fg}$  Entalpi campuran pada *outlet* turbin didapat dari tabel uap pada tekanan absolut *outlet* turbin (kJ/kg),
- $s_g$  Entropi uap pada *inlet* turbin didapat dari tabel uap pada tekanan absolut *inlet* turbin (kJ/kg °C),
- $s_f$  Entropi air pada *outlet* turbin didapat dari tabel uap pada tekanan absolut *outlet* turbin (kJ/kg °C),
- $s_{fg}$  Entropi campuran pada *outlet* turbin didapat dari tabel uap pada tekanan absolut *outlet* turbin (kJ/kg °C), dan
- $X$  Fraksi uap pada *outlet* turbin



## Lampiran A

### Siklus konversi energi

#### Kategori teknologi konversi energi

Terdapat empat kategori teknologi (konfigurasi) konversi energi yang sesuai untuk mengembangkan lapangan panas bumi.

##### A.1 Siklus uap kering (*direct dry steam*)

Merupakan sistem paling sederhana dalam mengeksploitasi fluida panas bumi (Gambar A.1). Fluida dari sumur berupa uap kering yang langsung dimanfaatkan untuk memutar turbin.

Pada Gambar A.1 dan Gambar A.2 titik 1 fasa fluida panas bumi berupa uap sedangkan pada titik 2 fluida berupa dua fasa. Proses fluida yang berlangsung dari titik 1 ke titik 2 dianggap proses isentropik sehingga entropi pada titik 1 sama dengan entropi pada titik 2, sehingga :

$$s_1 = s_2 \quad (4.1)$$

$$s_1 = s_{f2} + X_2 s_{fg2} \quad (4.2)$$

Pada tekanan atau temperatur yang ditentukan, harga entropy dan entalpi diketahui dari table uap. Dari persamaan 4.2 diperoleh harga X (fraksi uap) pada tekanan dan temperatur di *outlet* turbin. Kemudian harga entalpi pada *outlet* turbin adalah sebagai berikut.

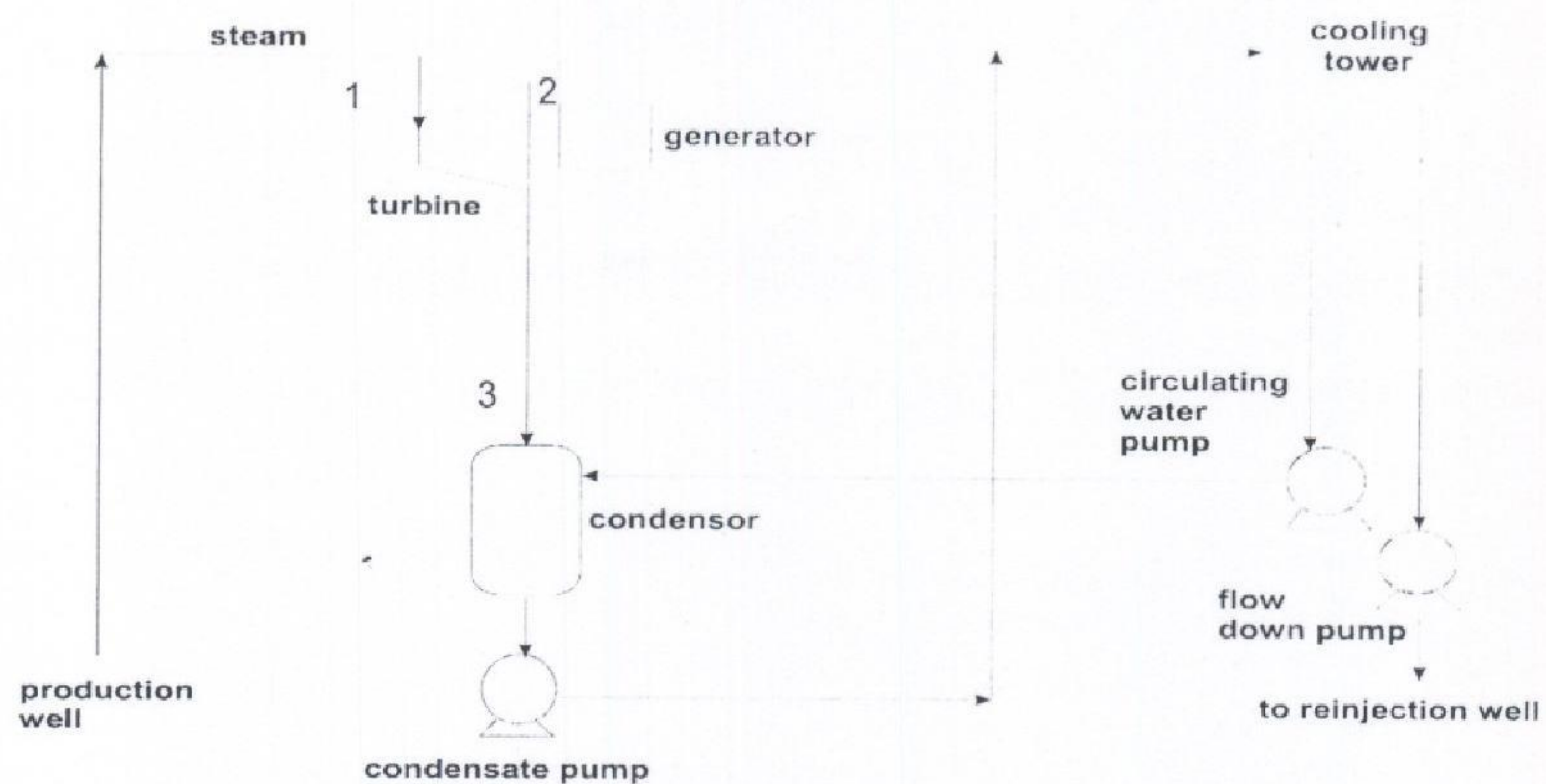
$$h_2 = h_{f2} + X_2 h_{fg2} \quad (4.3)$$

Daya turbin kemudian dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

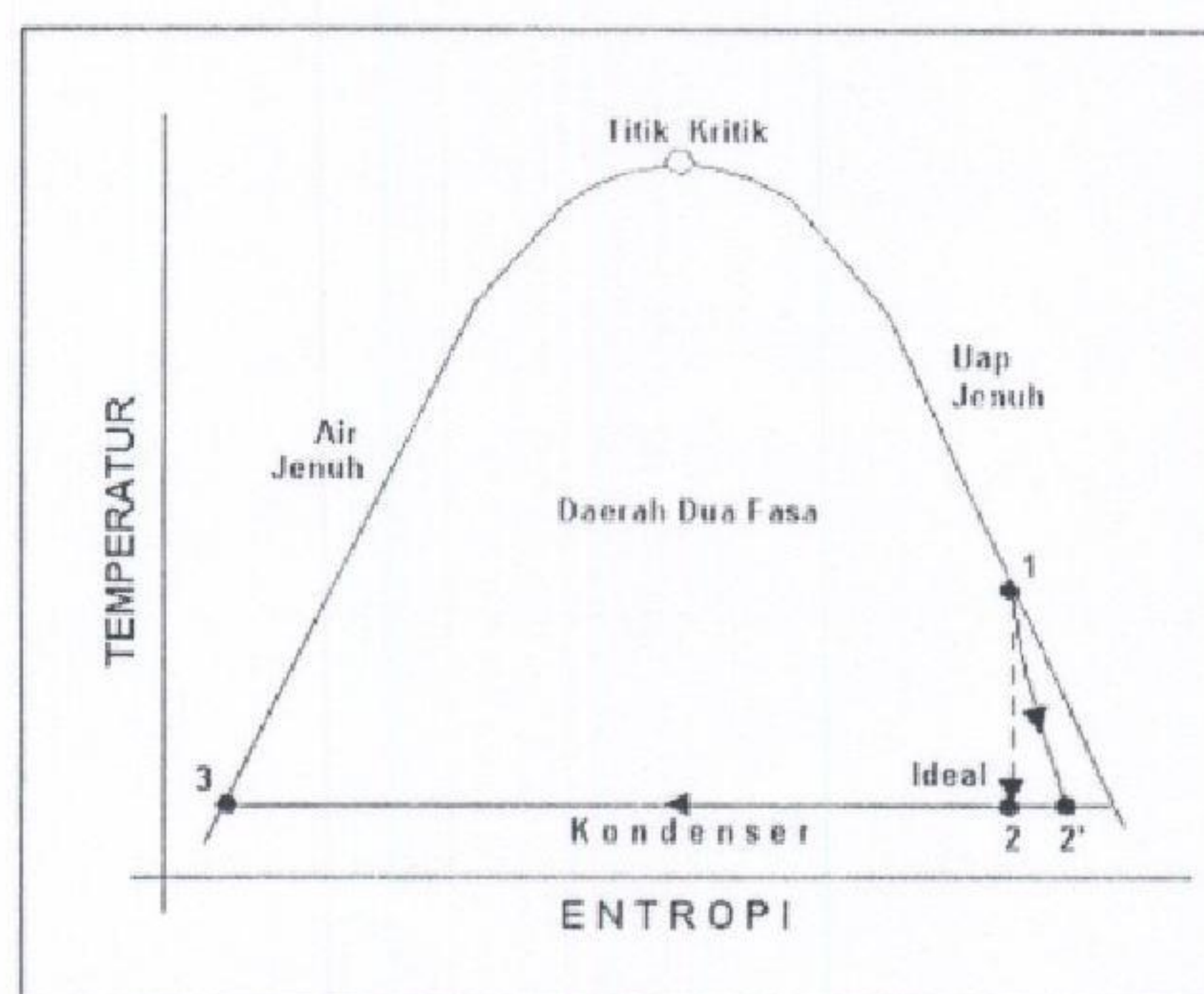
$$W = \eta m (h_1 - h_2) \quad (4.4)$$

dimana  $\eta$  adalah efisiensi turbin





Gambar A.1 Siklus uap kering



Gambar A.2 Diagram T - S untuk sistem konversi uap kering



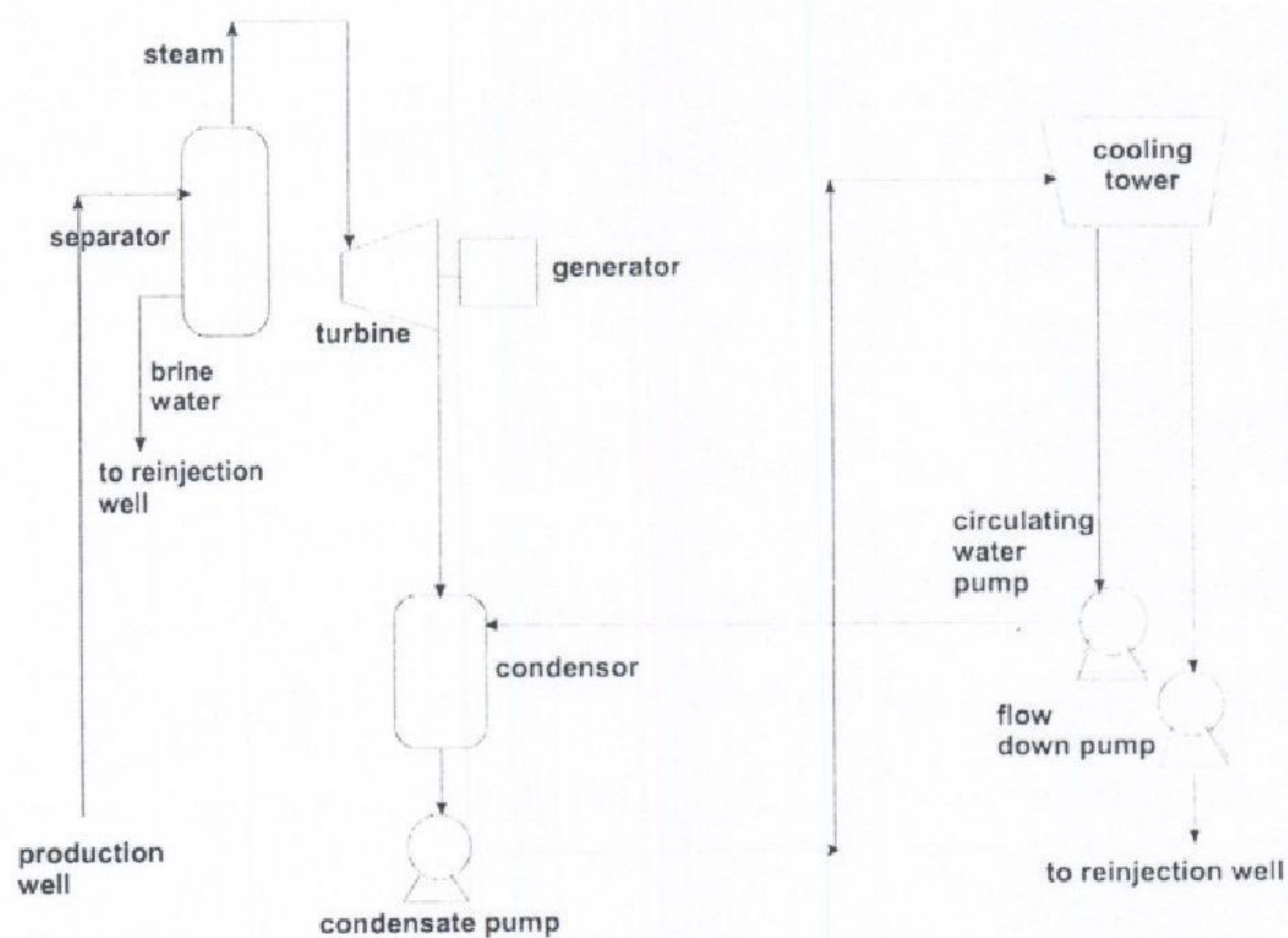
## A.2 Siklus uap hasil pemisahan (*separated steam*)

Fluida yang dihasilkan dari kepala sumur adalah dua fasa, yakni fasa uap dan fasa cair, karena itu untuk mendapatkan uap kering harus dipasang separator (Gambar A.3). Kemudian fraksi uap yang keluar dari separator digunakan dalam penghitungan daya turbin.

Pada titik-1 (Gambar A.4), fluida panas bumi merupakan campuran dua fasa. Pada titik-2, fluida masuk ke separator adalah sebagai berikut.

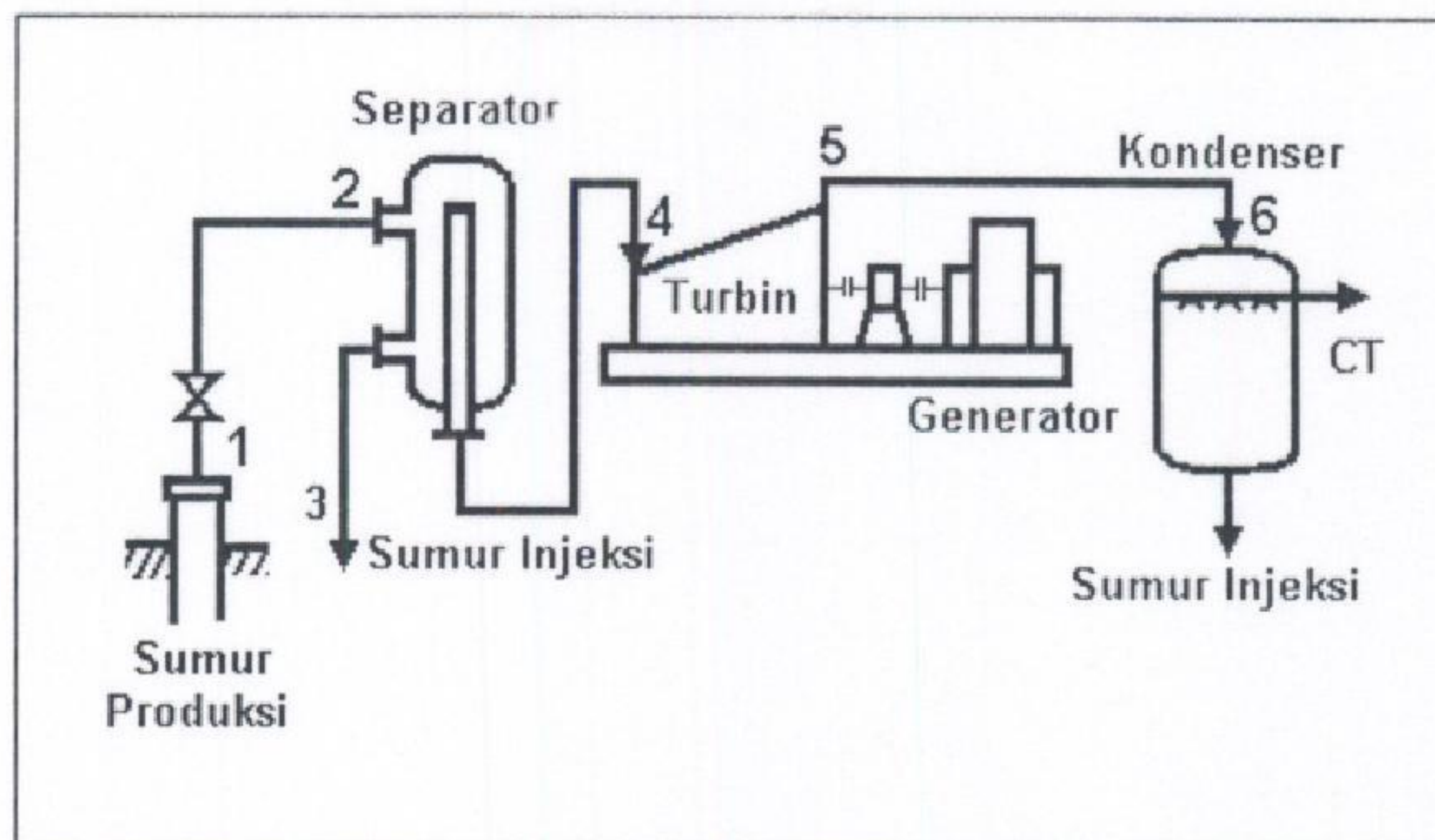
$$h_1 = h_{f1} + X_{wh} h_{fg} \quad (4.5)$$

$$h_2 = h_1 = h_{f2} + X_2 h_{fg2} \quad (4.6)$$



Gambar A.3 Siklus uap hasil pemisahan





Gambar A.4 Skema diagram siklus uap hasil pemisahan

Fraksi uap yang masuk ke separator diketahui dari persamaan (4.6). Pada tekanan dan temperatur di *inlet* turbin dapat ditentukan entalpi dan entropi dari table uap. Entropi pada titik-4 dan titik-5 (*inlet* dan *outlet* turbin) dianggap sama sesuai proses isentropik, sehingga :

$$s_5 = s_4 = s_{f5} + X_5 s_{fg5} \quad (4.7)$$

Harga fraksi uap ini digunakan untuk menghitung entalpi di *outlet* turbin dengan persamaan sebagai berikut.

$$h_5 = h_{f5} + X_5 h_{fg5} \quad (4.8)$$

Penentuan daya turbin hampir sama dengan Siklus Penguapan Tunggal dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$W = \eta m X_2 (h_4 - h_5) \quad (4.9)$$

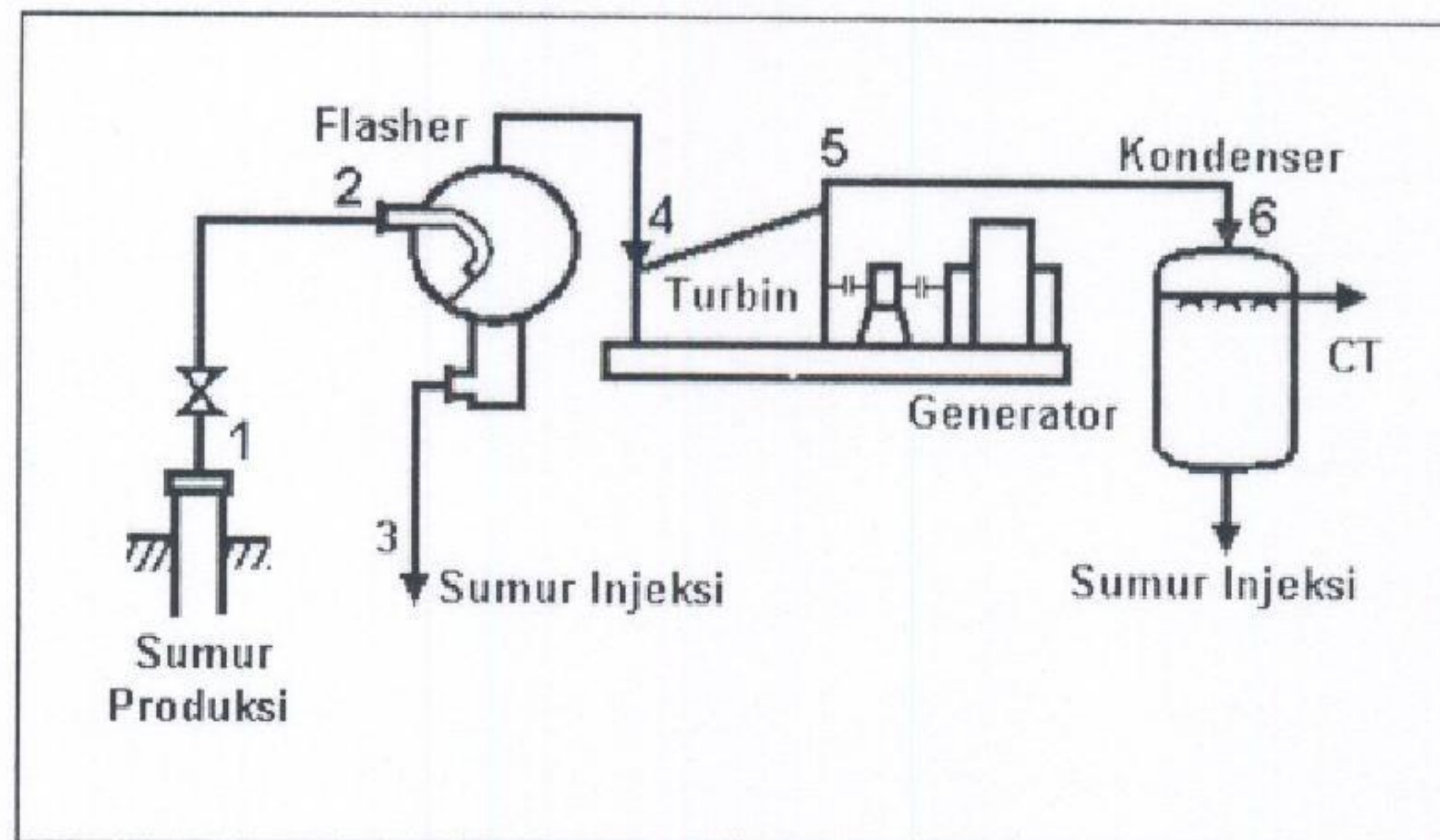
dimana  $\eta$  adalah efisiensi turbin.

### A.3 Siklus penguapan tunggal (*single flash steam*)

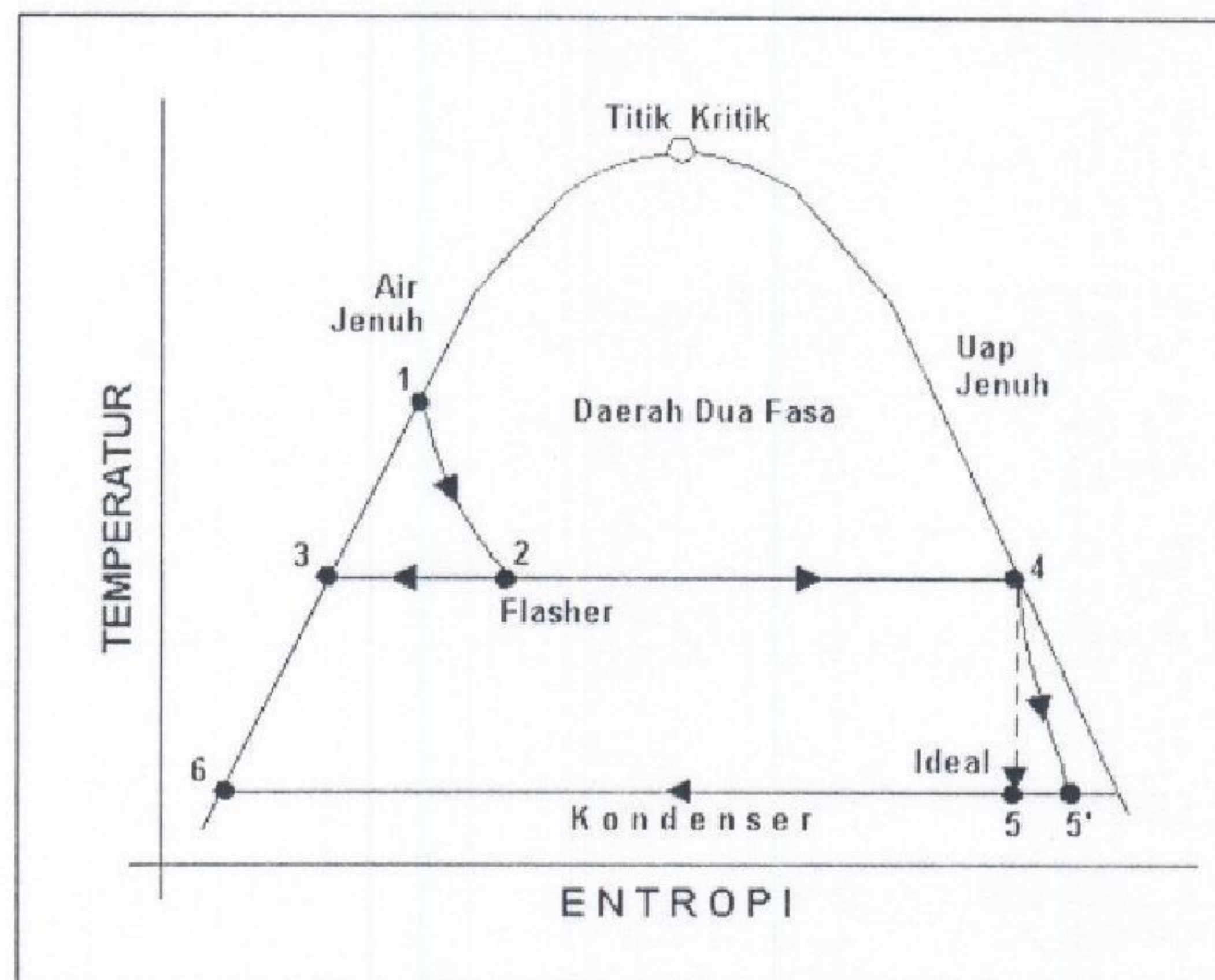
Dari Gambar A.5, dapat dilihat bahwa sistem ini digunakan bilamana fluida di kepala sumur dalam kondisi air jenuh (*saturated liquid*).

Dalam perjalanannya menuju ke permukaan, fluida reservoir mengalami penurunan temperatur sejalan dengan terbentuknya uap. Sesuai dengan hukum kesetimbangan termodinamika, proses yang terjadi pada fluida saat mengalir ke permukaan adalah isentalpik. Hal ini berarti tidak terjadi kehilangan panas. Adanya penurunan temperatur akibat terpakainya sebagian panas laten untuk mengubah fasa cair ke fasa uap.





Gambar A.5 Skema diagram siklus penguapan tunggal



Gambar A.6 Diagram T - S untuk siklus penguapan tunggal

Prinsip siklus penguapan tunggal (Gambar A.5 dan Gambar A.6) adalah memanfaatkan energi panas pada cairan terkompresi (*saturated liquid*). Fluida ini dialirkan ke suatu alat penguap atau *flasher* (tekanan fluida di *flasher* lebih kecil dari tekanan uap yang masuk turbin). Fasa cair dari titik-1 mengalami proses isentalpik ke titik-2. Fraksi uap yang masuk ke bejana *flasher* ditentukan melalui persamaan berikut.

$$h_1 = h_2 = h_{f2} + X_2 h_{g2} \quad (4.10)$$



Uap yang dihasilkan oleh bejana *flasher* dialirkan ke turbin (4), sedangkan fraksi cair yang tersisa diinjeksikan ke sumur injeksi (dapat diuapkan kembali, kemudian dialirkan ke turbin tekanan rendah dengan sistem *double flash*). Fraksi uap dari bejana *flasher* inilah yang kemudian menghasilkan listrik dari perubahan entalpi dari titik-4 ke titik-5. Pada tekanan dan temperatur *inlet* turbin diketahui entalpi dan entropi fluida dari tabel uap. Pada turbin ideal ekspansi uap mengikuti proses isentopik, karena itu entropi pada titik-4 dan titik-5 (*inlet* dan *outlet* turbin) dianggap sama sesuai dengan persamaan berikut.

$$s_5 = s_4 = s_{f5} + X_5 s_{fg5} \quad (4.11)$$

Fraksi uap yang keluar dari turbin dapat diketahui dan harga fraksi uap ini digunakan untuk menghitung entalpi *outlet* turbin dengan persamaan sebagai berikut.

$$h_5 = h_{f5} + X_5 h_{fg5} \quad (4.12)$$

Daya turbin dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

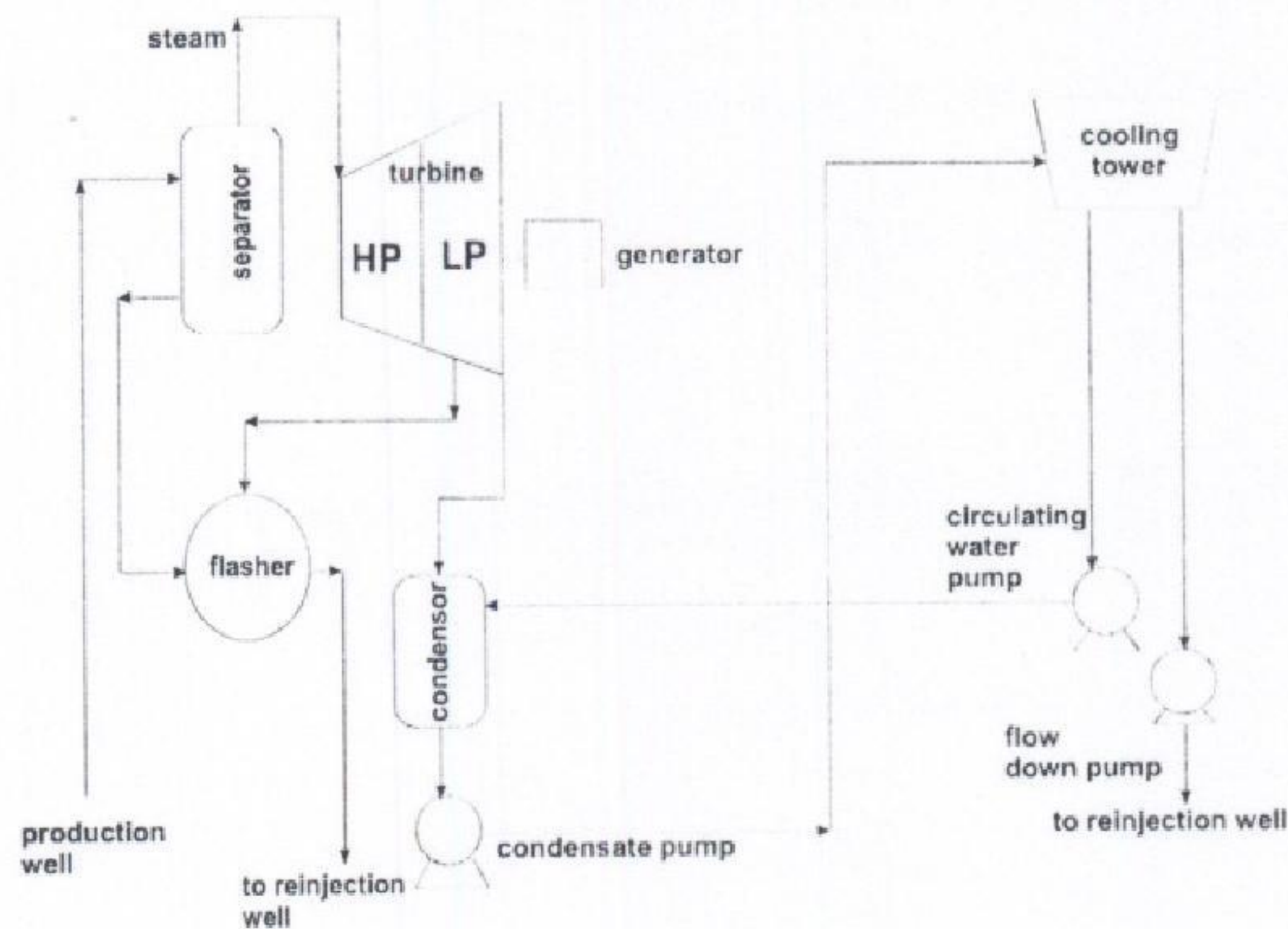
$$W = \eta m X_2 (h_4 - h_5) \quad (4.13)$$

dimana

$\eta$  efisiensi turbin.

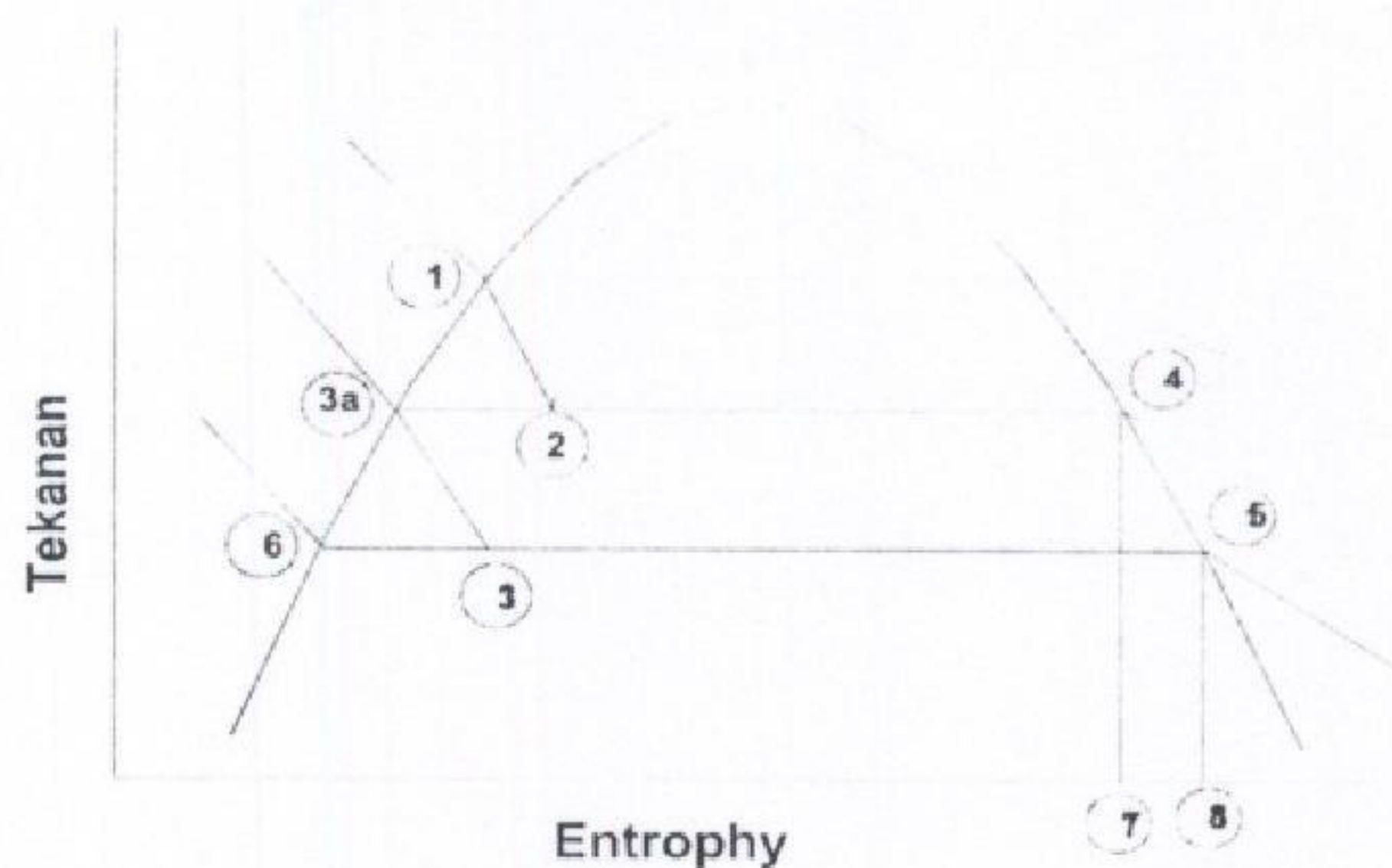
#### A.4 Siklus penguapan ganda (*double flash steam*)

Sistem ini menggunakan dua pemisahan fluida yaitu separator dan *flasher* dan menggunakan komposisi 2 turbin, (*HP-turbine* dan *LP-turbine*) yang disusun tandem atau ganda (Gambar A.7).



Gambar A.7 Sistem siklus penguapan ganda (*Double Flash*)





**Gambar A.8 Proses digambarkan dalam diagram T-S**

Perhitungan daya listrik pada sistem penguapan ganda dilakukan sesuai dengan prosedur sebagai berikut.

1. Dibuat diagram T-S (temperatur vs entropi) seperti Gambar A.8.
2. Pada titik-1 ke titik-2 merupakan proses dari kepala sumur (*well head*) ke separator. Di sini kondisi fluida adalah dua fasa dan proses yang terjadi adalah isentalpik, maka :

$$h_{\text{well head}} = h_{\text{separator}}$$

$h_{\text{well head}} = h_{fg} =$  entalpi pada tekanan di kepala sumur ( $h_1$ ). Karena entalpi separator ( $h_2$ ) sama dengan entalpi kepala sumur ( $h_1$ ), sedangkan entalpi fluida separator =  $h_{f2}$ , dan entalpi dua fasa separator =  $h_{fg2}$ , maka besarnya fraksi uap ( $X_2$ ) dari separator yang masuk ke *HP-turbine* adalah sebagai berikut.

$$X_2 = \frac{h_2 - h_{f2}}{h_{fg2}} \quad (4.14)$$

Jumlah massa uap ( $mv_1$ ) yang dialirkan ke dalam *HP-turbine* adalah sebagai berikut.

$$mv_1 = m_T \times X_2 \quad (4.15)$$

$m_T$  massa total

Jumlah massa air yang masuk ke *flasher* ( $mw_1$ ) adalah sebagai berikut.

$$mw_1 = m_T \times (1 - X_2) \quad (4.16)$$

3. Proses dari titik-2 ke titik-4 menggambarkan proses dari separator ke *inlet* turbin. Proses ini adalah isentalpik, karena itu entalpi uap di separator ( $h_2$ ) sama dengan entalpi uap di *inlet* turbin ( $h_4$ ). Sedangkan harga entropi di titik-4 merupakan entropi uap di kondensor ( $s_4$ ), yang besarnya sama dengan entropi uap di separator ( $s_2$ ).



$$X_4 = \frac{S_4 S_{f \text{ cond}}}{S_{fg \text{ cond}}} \quad (4.17)$$

sedangkan :

$$h_4 = h_{f \text{ cond}} - X_4 h_{fg \text{ cond}} \quad (4.18)$$

4. Daya listrik pada *HP-turbine* dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$W \text{ I} = \frac{\eta_t m v_1 (h_4 - h_2)}{3600} \text{ MW} \quad (4.19)$$

dimana

$\eta$  efisiensi turbin.

5. Dari titik-2 (separator) ke titik-3a (*inlet flasher*), harga entalpi pada *inlet flasher* adalah sama dengan harga entalpi air dari separator (proses *isentalpik*), maka  $h_{3a} = h_{f \text{ separator}}$ . Prosesnya adalah *isentalpik* maka entalpi  $h_3$  (entalpi di dalam *flasher* =  $h_{3a}$ ). Dengan demikian fraksi uap dari *flasher* dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$X_3 = \frac{h_3 - h_{f \text{ flasher}}}{h_{fg \text{ flasher}}} \quad (4.20)$$

6. Jumlah uap ( $mv_2$ ) yang dialirkan ke *LP-turbine* dihitung dengan persamaan :

$$mv_2 = X_3 \times mw_2 \quad (4.21)$$

$$mv_2 = X_3 \times (1 - X_2) mw_1 \quad (4.22)$$

7. Harga temperatur di *flasher* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$T_{flasher} = \left( \frac{T_{sep} - T_{cond}}{2} \right) + T_{cond} \quad (4.23)$$

atau

$$T_{flasher} = T_{sep} - \left( \frac{T_{sep} - T_{cond}}{2} \right) \quad (4.24)$$

8. Harga entalpi uap yang masuk ke inlet *LP-turbine* adalah sama dengan entalpi uap di *flasher*.

$$h_5 = h_{g \text{ flasher}}$$

$$S_5 = S_{g \text{ flasher}}$$



maka fraksi uap yang masuk ke kondensor ( $X_8$ ) adalah :

$$X_8 = \frac{S_{54} - S_{f\ cond}}{S_{fg\ cond}} \quad (4.25)$$

sedangkan entalpi pada kondensor :

$$h_8 = h_{f\ cond} - X_8 h_{fg\ cond} \quad (4.26)$$

9. Daya II, yaitu daya listrik yang dihasilkan dari *LP-turbine* adalah sebesar:

$$W_{II} = \frac{\eta_t m v_2 (h_8 - h_5)}{3600} \text{ MW} \quad (4.27)$$

dimana

$\eta$  efisiensi turbin

10. Jadi total daya listrik dari *HP-turbine* dan *LP-turbine* adalah :

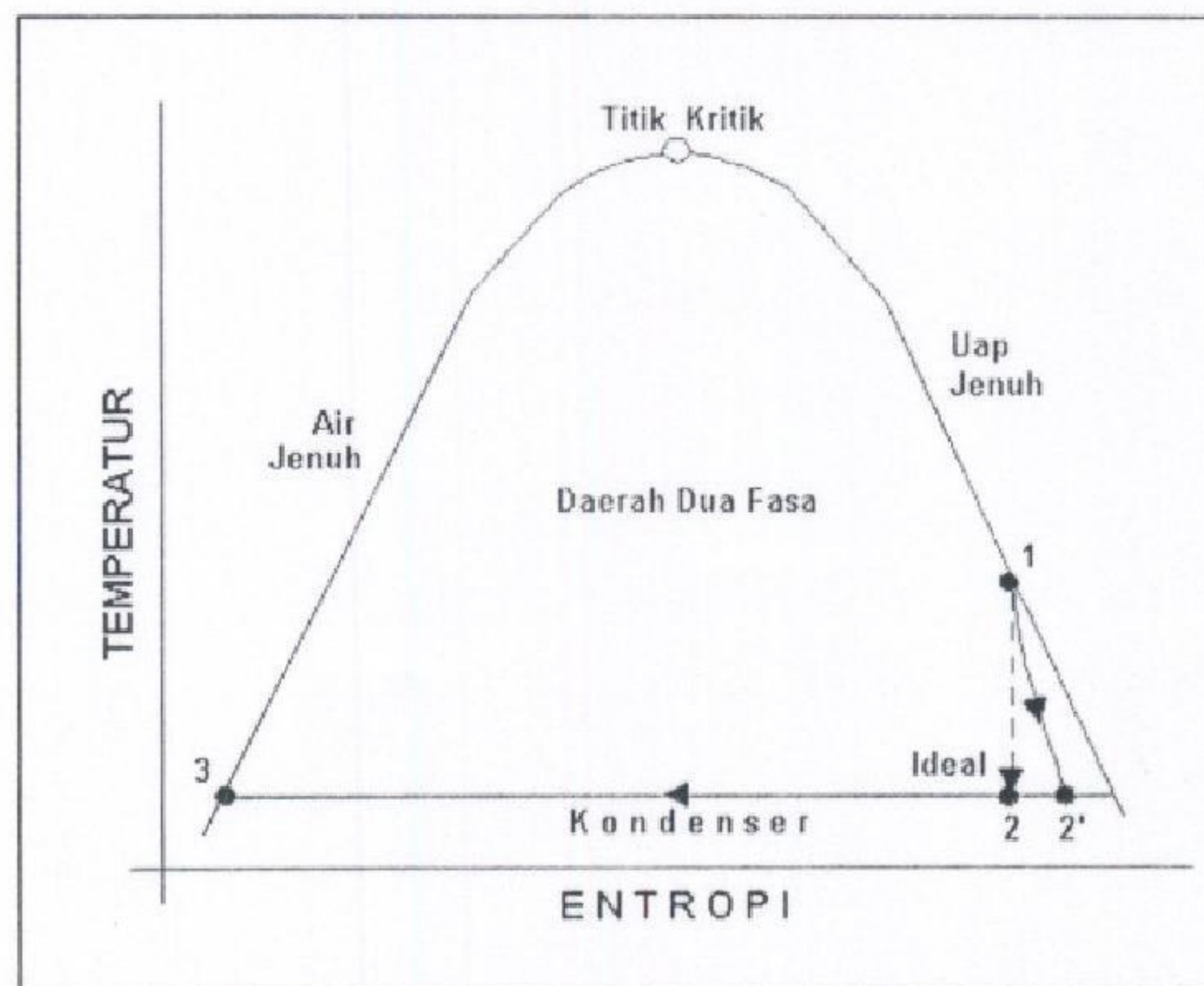
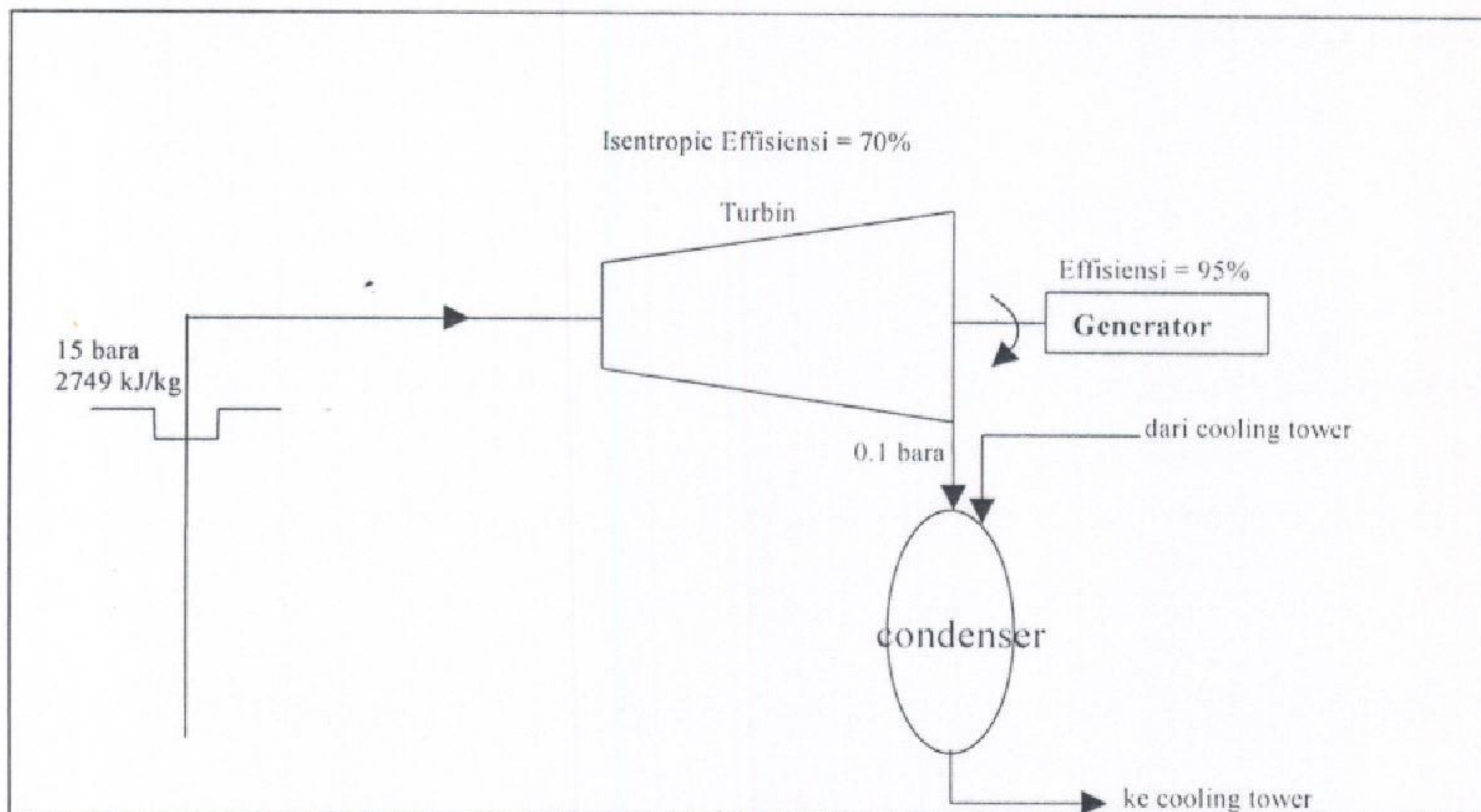
$$\text{Daya}_{\text{total}} = \text{Daya}_I + \text{Daya}_{II} \quad (4.28)$$



## Lampiran B

### Contoh perhitungan siklus konversi energi

#### B.1 Perhitungan siklus uap kering





Pada tekanan 15 bara sumur panas bumi menghasilkan uap kering dengan laju alir massa 100 ton/jam.

Dari tabel uap pada tekanan inlet turbin = 15 bara didapat :

$$s_g = s_1 = 6.445$$

$$h_g = h_1 = 2792$$

$$m_{in} = m = 100 \text{ ton/jam}$$

Jika outlet turbin IP = 0,1 bara

Dari tabel uap didapat :

$$h_f = 192$$

$$s_{f2} = 0.649$$

$$h_{fg} = 2392$$

$$s_{fg2} = 7.5$$

Energi yang dihasilkan turbin (W) jika diasumsikan efisiensi turbin = 70 %

$$s_{g1} = s_{gin} + s_{out}$$

$$6,445 = 0,649 + X(7,5)$$

$$X_{ideal} = 0,7724$$

$$h_{out ideal} = h_2 = h_{f2} + X h_{fg2}$$

$$= 192 + 0.7724 (2392)$$

$$= 2039.6 \text{ kJ/kg}$$

$$(h_g - h_{out actual}) / (h_g - h_{out ideal}) = 70\%$$

$$h_{out actual} = h_{2'} = 2792 - 0,7 \times (2792 - 2039.6)$$

$$= 2194,31$$

$$X_{actual} = X_{2'} = (2194,31 - 192) / 2392$$

$$= 0,8371$$

$$W = m_{in} (h_g - h_{out actual})$$

$$= 100 / 3.6 (2792 - 2194,31) = 16,60 \text{ MW}$$

Jika efisiensi generator = 95%, maka energi listrik yang dihasilkan oleh sumur tersebut adalah :

$$16,60 \times 0,95 = 15,77 \text{ MWe}$$

15 dari 20

16 dari 20



$$n_g = 2749$$

$$s_{fg} = 4,962$$

$$x = \frac{h_f @ 15 \text{ bara} - h_f @ 5 \text{ bara}}{h_{fg} @ 5 \text{ bara}} = \frac{845 - 640}{2109} = 0.0972$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi : } m_4 &= m_3 \cdot X \\ &= 624,96 \times 0,0972 \\ &= 60,75 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

Energi yang dihasilkan turbin (W) jika diasumsikan efisiensi turbin = 70%.

- Turbin HP (*High Pressure*/Tekanan Tinggi)

$$s_{g2} = s_{out} \longrightarrow s_{fout} = s_{f4} = 1,860$$

$$6,455 = 1,860 + X (4,962) \quad s_{gout} = s_{fg4} = 4,962$$

$$x_{ideal} = 0,9260$$

$$\begin{aligned} h_{out} &= h_f + X h_{fg} \\ &= 640 + 0,9260 (2109) \\ &= 2592,93 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$(h_g - h_{out \text{ actual}}) / (h_g - h_{out \text{ ideal}}) = 70\%$$

$$\begin{aligned} h_{out \text{ actual}} &= 2792 - 0,7 \times (2792 - 2592,93) \\ &= 2652,651 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{actual} &= (2652,651 - 640) / 2109 \\ &= 0,9543 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{HP} &= m_2 (h_g - h_{out \text{ actual}}) \\ &= \frac{275.04}{3600} (2792 - 2652.62) = 10.65 \text{ MW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{e \text{ HP}} &= 0,95 \times 10,65 \\ &= 10,12 \text{ MWe} \end{aligned}$$

- Turbin IP (*Intermediate Pressure*/Tekanan Menengah)

Pada 0.1 bar

$$h_f = 192$$

$$s_f = 0,649$$



$$h_{fg} = 2392$$

$$s_{fg} = 7,5$$

Laju alir massa masuk turbin IP :

$$\begin{aligned}(m_{in\ IP}) &= m_2 + m_4 \\ &= 275,04 + 60,75 \\ &= 335,79\ t/h\end{aligned}$$

Entalpi x m (masuk turbin IP) =  $h(out) \times m(out) + h(flasher) \times m(flasher)$

$$h_i = \frac{(2652,651 \times 275,04 + 2749 \times 60,75)}{335,79}$$

$$= 2670,081\ kJ/kg$$

$$\begin{aligned}X &= (2670,081 - 640) / 2109 \\ &= 0,9626\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}s_6 &= 1,860 + 0,9626 \times 4,962 \\ &= 6,6364\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}s_6 &= s_6 = s_{f6} + Xs_{fg6} \\ 6,6364 &= 0,649 + X(7,5) \\ X &= 0,7983\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}h_6 &= h_f + X h_{fg} \\ &= 192 + 0,7983 (2392) \\ &= 2101,534\ kJ/kg\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}h_{out\ IP\ actual} &= h_{g6} - 0,70 \times (h_{g6} - h_{out\ IP\ ideal}) \\ &= 2188,67\ kJ/kg\end{aligned}$$

$$W_{IP} = m (h_{g4} - h_6)$$

$$W_{IP} = \frac{3600}{3.6} (2670,081 - 2188,67) = 42,23\ MW$$

$$\begin{aligned}H_{e\ IP} &= 0,95 \times 42,23 \\ &= 40,12\ MWe\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Daya total turbin} &= WHP + WIP \\ &= 10,65 + 42,23 = 52,77\ MWe\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\text{Daya total listrik} &= H_{e \text{ HP}} + H_{e \text{ IP}} \\ &= 10,12 + 40,12 \\ &= 50,24 \text{ MWe}\end{aligned}$$



## Bibliografi

- Austin, A.L., 1975. *Prospects for Advances in Energy Conversion Technologies for Geothermal Energy Development*. Lawrence Livermore Laboratory, University of California.
- Grant, M.A. et al., 1982. *Geothermal Reservoir Engineering*, New York : Academic Press.
- James, K. Hallenborg, 1982. *Geothermal Log Interpretation Handbook*. Society of Professional Well Log Analysis. Edited by Geothermal log Interpretation Handbook Committee. Tulsa, Oklahoma, USA.
- Kestin, J, et al., 1980. *Source book on the Production of Electricity from Geothermal Energy*. Washington D.C. : U.S. Department of Energy.
- Rancangan Standar Nasional, 2000. *Metode Uji Alir Fluida Panas Bumi*.
- Wahl, F. W., 1977. *Geothermal Energy Utilization*. New York : John Wiley & Sons.